

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 09236461  
PUBLICATION DATE : 09-09-97

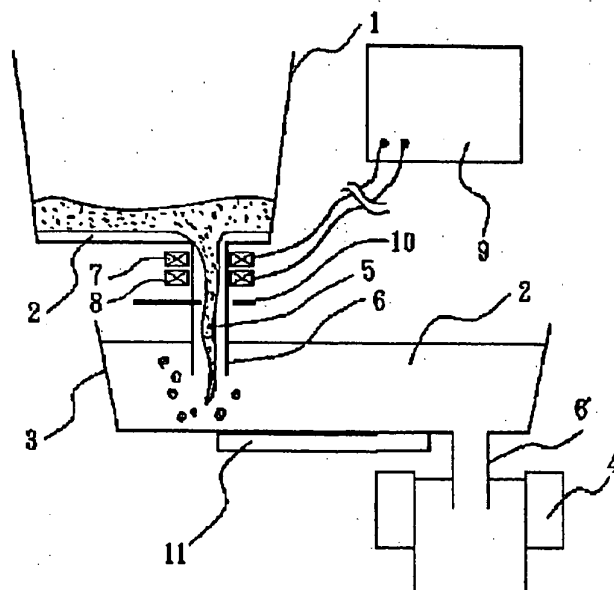
APPLICATION DATE : 01-03-96  
APPLICATION NUMBER : 08068913

APPLICANT : NIPPON STEEL CORP;

INVENTOR : KANEKO KATSUSHI;

INT.CL. : G01F 1/56 B22D 11/10 B22D 11/16  
B22D 37/00

TITLE : DECISION METHOD AND DEVICE FOR  
SLUG OUTFLOW



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely decide the slug outflow from a nozzle.

SOLUTION: On the periphery of a nozzle 6, a primary coil 7 which induces magnetic field in the nozzle 6 by applying a.c. current and a secondary coil 8 which detects the magnetic flux of magnetic field induced are assigned. Turn numbers  $N_1$  and  $N_2$  (pieces) of coils 7 and 8 and current  $I$  (A) applied to the primary coil 7 are so set that an expression  $140 \leq I \times N_1 \times N_2 \leq 9000$  is satisfied. Secondary coil voltage is processed with phase detection, and, based on the slug occupation ratio in nozzle, which is decided with secondary coil signal and in-nozzle passage speed of fluid, slug outflow for each charge is decided.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-236461

(43) 公開日 平成9年(1997)9月9日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 F 1/56			G 0 1 F 1/56	
B 2 2 D 11/10			B 2 2 D 11/10	H
11/16	1 0 4		11/16	1 0 4 E
37/00		8719-4K	37/00	C

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-68913  
 (22) 出願日 平成8年(1996)3月1日

(71) 出願人 000006655  
 新日本製鐵株式会社  
 東京都千代田区大手町2丁目6番3号  
 (72) 発明者 井本 健夫  
 富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技  
 術開発本部内  
 (72) 発明者 藤 健彦  
 富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技  
 術開発本部内  
 (72) 発明者 竹内 栄一  
 富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技  
 術開発本部内  
 (74) 代理人 弁理士 秋沢 政光 (外1名)  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スラグ流出量判定方法およびスラグ流出判定装置

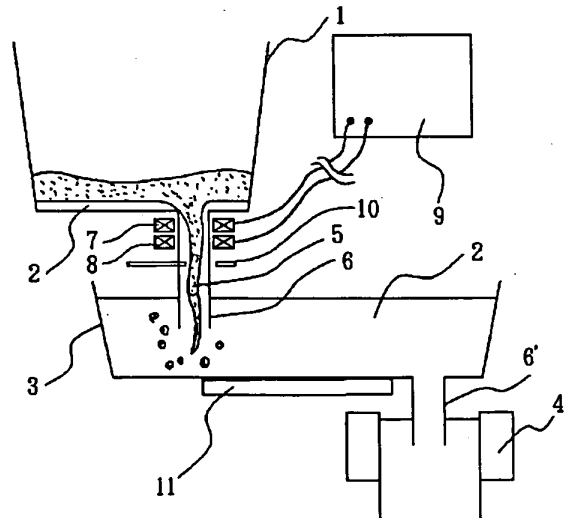
## (57) 【要約】

【課題】 ノズルからのスラグ流出量を高精度に判定する。

【解決手段】 ノズル6の外周に、交流電流を印加してノズル6内に磁界を誘起するための一次コイル7と、誘起された磁界の磁束を検知するための二次コイル8とを配する。コイル7、8のターン数 $N_1$ 、 $N_2$  (個)と一次コイル7に印加する電流 $I$  (A)とを(2)式数1を満足させる。二次コイル電圧を位相検波により処理し、二次コイル信号から判定できるノズル内スラグ占有率と流体のノズル内通過速度からチャージ毎のスラグ流出量を判定する。

【数1】

$$140 \leq I \times N_1 \times N_2 \leq 9000 \quad \dots (2)$$



(2)

特開平9-236461

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1容器内から別の第2容器内に熔融金属を流すためのノズルの外周に交流電流を印加して該ノズル内に磁界を誘起するための一次コイルと、誘起された磁界の磁束を検知するための二次コイルとを配して前記ノズル内を通して流出するスラグ流出量を判定する方法において、これらのコイルのターン数 $N_1$ 、 $N_2$ （個）と一次コイルに印加する電流 $I$ （A）とを

（1）式数1を満足させると同時に、二次コイルの検出信号を電気回路で処理することによって得られるノズル内スラグ占有率またはノズル内スラグ通過速度（kg/h）の変化を積算評価することを特徴とするスラグ流出量判定方法。

## 【数1】

$$140 \leq I \times N_1 \times N_2 \quad \dots (1)$$

【請求項2】 第1容器内から別の第2容器内に熔融金属を流すためのノズルの外周に交流電流を印加して該ノズル内に磁界を誘起するための一次コイルと、誘起された磁界の磁束を検知するための二次コイルとを配して前記ノズル内を通して流出するスラグ流出量を判定する方法において、これらのコイルのターン数 $N_1$ 、 $N_2$ （個）と一次コイルに印加する電流 $I$ （A）とを

（2）式数2を満足させると同時に、二次コイルの検出信号を電気回路で処理することによって得られるノズル内スラグ占有率またはノズル内スラグ通過速度（kg/h）の変化を積算評価することを特徴とするスラグ流出量判定方法。

## 【数2】

$$140 \leq I \times N_1 \times N_2 \leq 9000 \quad \dots (2)$$

【請求項3】 第1容器内から別の第2容器内に熔融金属をノズルを介して移すに際し、注出側第1容器もしくは注入側第2容器のうち少なくとも一方の総重量の変化を測定しながらスラグ流出量を評価することを特徴とする請求項1または2に記載のスラグ流出量判定方法。

【請求項4】 二次コイルの検出信号の位相の変化を検知してこれをノズル内スラグ占有率（%）を判定するために用いることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のスラグ流出量判定方法。

【請求項5】 検出したスラグ占有率の積算値に応じて、第2容器または第2容器の直後以降に存在する別の第3容器の少なくとも一方において、精錬フラックスの成分もしくは添加量の少なくとも一方を決定することを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載のスラグ流出量判定方法。

【請求項6】 検出したスラグ占有率の積算値に応じて、第2容器または第2容器の直後以降に存在する別の第3容器の少なくとも一方において、溶鋼への電磁力付与、溶鋼加熱もしくはガス吹き込みの精錬手段のうち少なくとも一つを選択するとともに、その精錬手段の実施条件を決定することを特徴とする請求項1～5のいずれ

かに記載のスラグ流出量判定方法。

【請求項7】 検出したスラグ占有率の積算値が所定の数値に到達した瞬間に第1容器内から別の第2容器内への熔融金属の注入を停止することを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載のスラグ流出量判定方法。

【請求項8】 交流電流を印加してノズル内に磁界を誘起するための一次コイルおよび前記磁界の磁束を検知するための二次コイルを第1容器内から別の第2容器内に熔融金属を流すためのノズルの外周に配設し、これらのコイルのターン数 $N_1$ 、 $N_2$ （個）と一次コイルに印加する電流 $I$ （A）とが（1）式を満足すると同時に、二次コイルの検出信号の位相の変化をスラグ流出量の評価に用いることを特徴とする請求項4～7のいずれかに記載のスラグ流出量判定方法に用いるスラグ流出判定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は熔融金属、特に低合金鋼、各種ステンレス鋼、高ニッケル鋼などの溶鋼、あるいは溶鉄、銑鉄などを通過させるためのノズル内を通過して流出するスラグの流出量判定方法および流出判定装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】鉄系の熔融金属からスラブなどの鋳片を製造するプロセスは、転炉や取鍋、タンディッシュなどの精錬容器を用いて行われる。例えば、溶鉄からスラブ鋳片を製造する工程では、高炉で製造した溶鉄を搬送台車内から転炉内に移し変え、転炉内で脱炭や脱燐などの処理を施した後、取鍋内に移し変える。取鍋内で合金添加や脱ガス処理等の二次精錬工程を経てタンディッシュに移し、さらに、連続製造用鋳型内に移し変えて凝固させる。

【0003】これらの工程における精錬容器間の熔融金属の移し変えは、転炉の出鋼口や取鍋ノズル、タンディッシュに設けた浸漬ノズルといった各種ノズルを介して行われる。精錬容器内の熔融金属浴表面には、酸化物を主成分とする溶融スラグが存在する場合が多く、これらの溶融スラグは熔融金属の移し変えの際、特に注出側の精錬容器内の残湯量が少なくなった時期に熔融金属の注出流によって発生する渦によって巻き込まれて注入側の精錬容器に流出してしまっており、後工程での燐含有量の増大すなわち復燐現象や、鋳片での介在物欠陥の原因となる。

【0004】従って、安定した熔融金属の成分や品質を保つためには、移し変え時のスラグ流出量の低位安定化が望まれており、作業者の目視判定に代わり、より迅速なスラグ流出判定技術が開発されてきた。

【0005】近年、特開平1-27768号公報や特開平5-277686号公報に記載されているような電磁誘導を利用したスラグ検知装置を用いてスラグ流出開始

(3)

特開平9-236461

を判断し、速やかにノズル内流量制御装置を完全に閉鎖する注入停止操作が広く普及している。

【0006】電磁誘導を利用したスラグ流出検知および判定方法の原理は、一般に一次電流から印加される交流電流によってスラグ流出位置に励起される誘導磁場が、熔融金属と電気伝導度が大きく異なるスラグの混入によって変化させられ、図2(a)に示すようにこの時のインピーダンス変化を二次コイルの誘導電流の変化として検知するものである。

【0007】判定方法は、検知した誘導電流を電気回路で処理し、その値が、通常のノイズ範囲、図2(a)では左側に示す微小な振幅を持ち、全体として緩やかな右上がりの線部から逸脱した所定の値＝数居値、図2(a)では右側の斜線部の頂上部分に達した時点を「スラグ流出開始点」と見なすのが一般的である。つまり、この場合の「スラグ流出開始点」とは、厳密には「スラグ流出量が熔融金属流出量に対する所定の容積比に到達した瞬間」になっているのである。ここで「容積比」とは、巻き込まれる熔融スラグのノズル内水平断面における面積比あるいは体積比、すなわちスラグ占有率％である。スラグ流出の判定と同時に、ノズルの流量制御装置に全閉信号を出力させて、注入を完全に停止させる自動注入停止を行うこともある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記判定原理の問題点は、所定の数居値に達した時点を「スラグ流出開始点」と見なすため、厳密には「スラグ流出開始点」前に流出したスラグ総重量が判らない点である。

【0009】スラグ流出の原因である渦は刻々と強大に成長しているため、スラグ流出量も次第に増大している。従って、たとえ急激な変化であってもスラグ流出量が次第に増大して所定のスラグ占有率に到達して初めて検知するという上記原理では、極端な場合、所定のスラグ占有率未満のスラグ流出状態が長時間継続していても検出できないことが問題なのである。

【0010】さらに、渦の成長度合い(速度)は、溶損などによって変化するノズルあるいは精錬容器の形状や、熔融金属および熔融スラグの温度、予測の出来ないクレーンや台車の振動などによって種々に変化する。同様に、スラグ流出量の増大速度もそれらの影響を受ける。つまり、微小な渦によりスラグが微量流出し始めてから所定のスラグ占有率に到達して注入を停止するまでの間に通過したスラグ流出総重量は、毎チャージ変化しているのである。こうしたチャージ毎のスラグ流出総重量の変動が、最終的には鑄片の品質の部位変化あるいは経時変化の最大の要因なのである。

【0011】従って、チャージによらず数居値を一定として、「スラグ流出量がこの数居値を超える時点」のみを検出する従来方法では、鑄片の品質の部位変化に追従できなかったのである。

【0012】さらに、従来方法で「スラグ流出量がこの数居値を超える時点」しか検出できなかった背景には、検出装置の構成および使用方法にも問題があった。つまり、チャージ毎に異なるベース信号の変化、図2(a)では左側の緩やかな傾斜部が予想し難く、ベース信号の変化とスラグ流出注入開始による信号の変化とを識別でき難かったのである。従って、この識別を可能にする高精度の信号処理が強く望まれていた。

【0013】従来の装置では、一次コイルおよび二次コイルの構成ならびに印加する電流値などは経験的に決定されており、検出精度が高くない。さらに、二次コイルにより検出する電圧のピーク値の変化を検出する方式であるが、このピーク値はスラグ以外、例えば温度などの影響が大きいため、スラグの検出精度を向上するのが困難であった。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、第1容器内から別の第2容器内に熔融金属を流すためのノズルの外周に交流電流を印加して該ノズル内に磁界を誘起するための一次コイルと、誘起された磁界の磁束を検知するための二次コイルとを配して前記ノズル内を通過して流出するスラグ流出量を判定する方法において、これらのコイルのターン数 $N_1$ 、 $N_2$ (個)と一次コイルに印加する電流 $I$ (A)とを(1)式数3を満足させると同時に、二次コイルの検出信号を電気回路で処理することによって得られるノズル内スラグ占有率またはノズル内スラグ通過速度(kg/h)の変化を積算評価することを特徴とするスラグ流出量判定方法である。

【0015】

【数3】

$$140 \leq I \times N_1 \times N_2 \quad \dots (1)$$

【0016】また、コイルで発生する熱対策を考慮すると、(1)式より下記(2)式数4の方が好ましい。

【0017】

【数4】

$$140 \leq I \times N_1 \times N_2 \leq 9000 \quad \dots (2)$$

【0018】この時、注出側第1容器または別の注入側第2容器のうち少なくとも一方の総重量の変化を測定しながらスラグ流出量を評価するのが好ましい。また、二次コイルの検出信号の位相の変化を検知してこれをノズル内スラグ占有率(%)を判定するために用いると、更に精度が高くなる。

【0019】さらに、スラグ流出量を判定するだけでなく、その検出したスラグ占有率の積算値に応じて、第2容器または第2容器直後以降に存在する第3容器の少なくとも一方において、精錬フラックスの成分もしくは添加量の少なくとも一方を決定したり、さらに、溶鋼への電磁力付与、溶鋼加熱、もしくはガス吹き込みの精錬手段のうち少なくとも一つを選択するとともに、その精錬手段の実施条件を決定するのに用いるのが良い。その

(4)

特開平9-236461

上、スラグ占有率の積算値が所定の数値に到達した瞬間に第1容器内から別の第2容器内への溶融金属の注入を停止することが望ましい。

【0020】また、こうしたスラグ流出量判定方法を実現するための装置として、スラグ流出量判定に適した装置として、交流電流を印加してノズル内に磁界を誘起するための一次コイルおよび前記磁界の磁束を検知するための二次コイルを第1容器内から別の第2容器内に溶融金属を流すためのノズルの外周に配設し、これらのコイルのターン数 $N_1$ 、 $N_2$ （個）と一次コイルに印加する電流 $I$ （A）とが（1）式を満足すると同時に、二次コイルの検出信号の位相の変化をスラグ流出量の評価に用いることを特徴とするスラグ流出判定装置が最も好ましい。さらに、検出したスラグ占有率の積算値を元に精錬手段の選択・実施条件の決定を算定および指示する計算機を併設するのが好ましい。

【0021】なお、ここで容器とは、転炉、真空脱ガス装置、取鍋、タンディッシュ、鋳型などを意味し、例えば第1容器を転炉とした場合には、第2容器は取鍋に相当する。また、スラグとは、固体スラグ、溶融スラグなどを意味し、その相によらない。

【0022】本発明は、上記課題を解決するためになされた発明であって、従来技術は「所定のスラグ占有率に到達したスラグ流出時点」を検出するための装置および方法であったに過ぎないことから、所定レベル以上の鋳片品質を得るために「溶融金属の注入を停止すべき時点」を検出するための装置および方法を追求した結果、その目的に適したスラグ流出量判定装置および方法の具備すべきポイントを明らかにしたのである。すなわち、二次コイルで検出した信号の処理方法としては、スラグ占有率を積算して評価するのが最も好ましく、さらに、この積算評価に必要なスラグ流出量判定装置の具備すべきコイルのターン数および印加する電流値との関係を規定したものであって、これらの組み合わせによって初めて、従来技術では不可能であったノズルからのスラグ流出総重量の検知および正確な溶融金属の注入停止点の判定が可能となる。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図1～4を用いて詳細に説明する。

【0024】図1は、本発明を連続鋳造プロセスにおいて実施する態様を模式的に示す図である。取鍋1内からタンディッシュ3にノズル6を介して溶鋼2が注入され、更にタンディッシュ3から水冷鋳型4内に浸漬ノズル6'を介して溶鋼2が注入され、連続鋳造が行われる。主に取鍋注入末期における溶融スラグ5の流出が、タンディッシュ3内の溶鋼2の汚染要因となる。

【0025】ノズル6内を流れる溶鋼2と共に流出する溶融スラグ5流を検知するために、ノズル6の外周に交流電流を印加するための一次コイル7と二次コイル8が

設置されている。一次コイル7および二次コイル8は、それぞれ一条の導線を円筒状のノズル6の外円周を囲むように渦巻状に、好ましくはノズル6の水平断面の円と同心円状に巻く方式と、一条の導線を直円筒状に巻いた小径コイルを対向するように一対ずつ配設する方式とがあるが、本発明のように、スラグ占有率（%）の経時変化を積算してスラグ総重量を評価する方法には、前者の方式が適しているとの実験結果を得た。これは、前者の方がスラグ流の偏向の影響を受けにくいためと考えられる。

【0026】一次コイル7には、周波数が100～800Hz程度の交流電流を印加し、電磁誘導によってノズル6内に磁界を発生させる。二次コイル8には、一次コイル電流およびノズル6内の溶鋼充填度合いならびに温度によるコイルの抵抗変化によって変化する電流が誘導されるので、これを二次コイル8に接続した電圧検出器で検出し続ける。通常、ノイズがあるので、図2（a）に示すように若干の変動幅を有する電圧が検出される。

【0027】ノズル6内の溶鋼流に溶融スラグ5が混入すると、二次コイル8を介して検出される電圧、すなわち二次コイル電圧が変化して、通常のノイズ範囲を逸脱するような変化を示す。本発明では、図2（b）に示すように、この変化を連続的に検出して積算する。

【0028】アンパ9は、一次コイル7につながる電流発生アンパと二次コイル8につながる受信アンパの機能を有している。アンパ9内で処理された信号は電算機（図示しない）に送られ、コイルの温度変化に伴う検出信号の変化などのバックグラウンドの経時変化を差し引き、ノイズについては平均化して除去する。

【0029】検出信号からノズル6内のスラグ占有率（%）を求めるには、予め別の場所で、内径の異なる複数のステンレス製で非磁性の円筒を用いて信号の変化を測定して検量線を求めておけば良い。この検量線を用いて、ノズル6内のスラグ占有率の経時変化を測定し続けるとともに、図2（b）に示す斜線部の面積を求め（積算）て評価する。このとき、ノズル6内を流れる流体の平均流出速度 $V_f$ （トン/秒）を求めれば、スラグ占有率 $\alpha$ （%）の時間積分値 $\Lambda$ （%・秒）から（3）式数5によってチャージ毎のスラグ流出総重量 $W_s$ （トン）を求めることができる。

【0030】

【数5】

$$W_s = \Lambda \times V_f \quad \dots (3)$$

【0031】この判定を行うためには、二次信号が通常のノイズ上限を超えてから、ノズル6を介して行っていた溶鋼の注入を停止するまでに現れる僅かな信号の変化、図2（b）では斜線部に相当する変化を正確に検出できる感度が必要である。僅かな量のスラグ流出によるインピーダンス変化を検出するために必要な感度を確保する手段には、一般的に下記の3つがある。

(5)

特開平9-236461

【0032】① 一次コイルのターン数(巻数)  $N_1$  を増加させて、ノズル内に発生させる磁界の磁束密度を高める。

【0033】② 一次コイルに印加する電流  $I$  (A) を増加させて、ノズル内に発生させる磁界の磁束密度を高める。

【0034】③ 二次コイルのターン数  $N_2$  を増加させて、二次コイルの検出感度自体を高める。

【0035】本発明者らは、この基本的手段を工業的に利用し得るようにし、かつノズル内径、取鍋～タンディッシュ間の設備的なクリアランスなどの使用条件に応じて最も好ましい測定条件(装置構成および方法)を誰でもが簡便に導出できるようなフレキシブルでかつ汎用性の高い技術にする目的で、これらの組み合わせを追求した結果、一次コイルの電流とコイル構造に関する下記(2)式数6を知見したのである。

【0036】

【数6】

$$140 \leq I \times N_1 \times N_2 \leq 9000 \quad \dots (2)$$

【0037】図4に(2)式の導出根拠の一例を示す。

【0038】電気炉で溶解した6tの溶鋼と200kgのCaO系フラックスの合計6.2tを内径1100mmの取鍋に装入し、耐火物で内張りした鉄皮容器中に放流した。取鍋底部には90mmφのノズルが設けられて

$$\text{測定誤差} \% = \frac{|\text{実測値} - \text{計算値}|}{\text{実測値}} \times 100 \quad \dots (4)$$

【0042】実験結果を、横軸に  $I \times N_1 \times N_2$ 、縦軸に測定誤差(%)を取って図4に示した。ただし、縦軸は、従来方法の測定誤差を100%として示してある。

【0043】図4に示すとおり、 $I \times N_1 \times N_2$  が140以上の領域では、交流電流の周波数あるいはコイルのターン数によらず、測定誤差を50%以下にできることが判る。

【0044】一方、コイルのターン数が多くても、電流が小さく、 $I \times N_1 \times N_2$  が100未満では測定誤差がおよそ90%にもなった。こうした傾向は、別に行った実験において、コイルや周波数を変更した場合も同様であった。

【0045】また、 $I \times N_1 \times N_2$  が140～5000までは、 $I \times N_1 \times N_2$  の増大に応じて測定誤差は激減するが、5000を超えると  $I \times N_1 \times N_2$  の増大による測定誤差の減少効果は極めて小さくなることが判る。

【0046】また、 $I \times N_1 \times N_2$  が9000よりも高い領域では、測定誤差は50%以下ではあるが、 $I \times N_1 \times N_2$  の増加によって却って測定誤差まで増大する傾向が判る。これは、一次電流の増加による発熱によってコイルのインピーダンス変化が大きくなって、スラグに対する検出精度が却って低下するためと考えられる。コイルの冷却は複雑であると同時に設備的な制約になるため、回避した方が賢明である。

【0047】以上から、 $140 \leq I \times N_1 \times N_2$  にすれ

おり、その周囲に非磁性鉄皮で覆われた銅線コイルを設置して一次コイルに所定電流を印加しながら二次コイルの信号を捉え、放流容器中の総重量が6tに達した時点でノズルを閉鎖し、冷却後に表面に浮上したスラグを回収して総流出量を実測した。

【0039】各実験において回収されたスラグ量は50～100kgの範囲であり、取鍋残留スラグから確認される回収率は95%以上であった。放流中の二次コイルの信号と放流速度は連続的にパソコンに記録し、ノズル内スラグ占有率とノズル内液体放流速度(容器重量変化から計算)から計算されるスラグ流出速度を時間積分することによって計算流出量と定義した。

【0040】一次コイルに印加する交流電流  $I$  の周波数は基本を500Hzとし、150Hz(△印)～300Hz(六角形印)で変更した。一次および二次コイルのターン数  $N_1$ 、 $N_2$  は同一とし、30ターン(○印)と10ターン(●印)の2水準を用いた。 $I \times N_1 \times N_2$  の変更は、一次コイルに印加する電流値  $I$  を主に変更して調査した。二次コイルの検出信号の処理には位相検波法を用いた。ここで測定誤差は、(4)式数7で示される。

【0041】

【数7】

ば測定誤差を従来方法の半分にまで激減させることができる。また、コイルの冷却は複雑であると同時に設備的な制約になるため、工業的に回避した方が賢明であることを考慮すると、 $I \times N_1 \times N_2 \leq 9000$  が好ましいので、(2)式が導出される。

【0048】また、測定誤差から見て、従来方法の5分の1にまで低減できる範囲としてより好ましい範囲は下記(1)'式数8である。

【0049】

【数8】

$$5000 \leq I \times N_1 \times N_2 \leq 9000 \quad \dots (1)'$$

【0050】さらに、一次コイルに印加する交流電流の周波数については、図4からは明確には言えないが、同一ターン数で見ると、 $I \times N_1 \times N_2$  の値が700前後で同一の場合、測定誤差は500Hz > 150Hz > 300Hzの順であり、200～400Hzに好ましい範囲が存在するが、これととも、 $I$ 、 $N_1$ 、 $N_2$  のいずれかの選択により(1)式において達成可能な誤差レベルである。

【0051】また、このノズル内流体速度=平均流出速度  $V_f$  (トン/秒)の求め方には以下の3つがある。

【0052】① 予め、ノズル6内を流れる熔融金属の流量を制御するための摺動板式の流量制御装置であるスライディングノズル10の開度=断面積  $S$  (cm<sup>2</sup>) および取鍋1内の溶鋼浴の深さ  $H$  (m) ならびに平均流出

(6)

特開平9-236461

速度 $V_f$ の関係を求めておく。

【0053】② 水力学的な評価方法により、 $\rho_H \cdot g \cdot H = 1/2 \cdot \rho_H \cdot V_f^2$  から計算して求める ( $\rho_H$  : 溶鋼の密度 (トン/ $m^3$ )、 $g$  : 重力加速度 ( $m/秒^2$ ))。

【0054】③ 注出容器である取鍋1、あるいは注入容器であるタンディッシュ3の少なくとも一方の重量変化を連続的に測定し、その重量変化速度をスライディングノズル10の開度=断面積 $S$  ( $cm^2$ ) で除して求める。

【0055】このうち、③が簡便で精度も良く、最も望ましい。

【0056】図1は③の応用例を示し、鋳片の引き抜き速度 (トン/秒) からタンディッシュ3出側の溶鋼2の流出速度 $V_f'$  (トン/秒) を計算し、タンディッシュ3の重量変化をロードセル11で連続測定した値を補正することによってノズル6内の溶鋼2の流出速度を測定する。

【0057】溶鋼とスラグの比重は大きく異なることから、両者が混在する流体の平均流出速度を重量変化だけから測定することには本来支障があるが、ノズル6内のスラグ占有率が30%前後といった小さな値の場合は誤差が小さい。また、0.1秒サイクルで連続的に検出する場合などに、1サイクル前のスラグ占有率(%)で流体の比重を補正して平均流速を求めれば、更に精度向上を図ることもできる。

【0058】また、積算評価に用いる数値信号を、ノズル内スラグ占有率とノズル内流体通過速度を掛け合わせたスラグ流出速度として表した後、これを時間積分しても同様の評価が可能であることは言うまでもなく、単なるスラグ流出程度の評価指標として扱う場合には二次コイル信号だけの積算評価でも判定は可能である。

【0059】図3には、スラグの流入による二次コイル電圧の変化をオシロスコープで捉えた状態を模式的に示す。実線はノズル内に溶鋼が充填して流れている例、破線はスラグ流入による信号の変化の例を示している。つまり、ノズル内スラグ占有率を判定するための二次コイル電気信号は、スラグの流入によってピーク値が変化すると共に、位相も変化することが判った。

【0060】二次コイル信号を捉える場合、本発明者らの調査の結果、特開平5-277686号公報第3頁右段1~3行に記載されるような振幅、すなわちピーク変化の平均化 (図3のピーク差の測定) 方法では、図2 (a) に示す波状かつ緩やかな右上りの傾斜部分のベース信号の変化の度合いが大きく、スラグ流入開始によるピークの立ち上がり起点、図2 (a) では斜線部の左下点の判定が困難であった。このベース信号の増増は、回避できない溶鋼温度によるコイルの抵抗の変化に起因するものと解釈するのが合理的である。これがすなわち、従来は数居値により判定せざるを得ず、しかもその

数居値を或る程度高い位置に設定しないと、誤判定が多くなってしまうという問題の原因になっていたのである。

【0061】これに対して、位相変化も併せて信号変化として捉えられる位相検波処理を行うと、ベース信号の変化の度合いを低位に維持でき、スラグ流入開始直後の僅かな検出信号の変化を捉えることができることが判明したのである。すなわち、検出信号の位相は、溶鋼温度によるコイルの抵抗の変化の影響を受けにくいと考えられるのである。従って、高精度のスラグ流出総重量の判定には、検出信号の位相成分を用いる方が重要である。

【0062】また、本発明によりスラグ流出総重量を正確に捉えることができるようになり、検出のみにとどまることなく、その結果に応じて好ましい操業につながることもできる。

【0063】図1を例に説明する。取鍋1からタンディッシュ3にノズル6を介して溶鋼2を注入する際に、溶鋼の歩留まりから取鍋1の残溶鋼重量を最小限にとどめたい。しかし、取鍋1の残溶鋼重量が最小限になる前に、所定の数居値以上の占有率で熔融スラグ5がタンディッシュ3に流出することが多い。

【0064】従来は、スラグ占有率が所定の数居値に到達した時点で取鍋注入を停止していたので、取鍋の残溶鋼重量が最小限になる前に注入を停止せざるを得ない。しかしながら、本発明によれば、スラグ占有率が所定の数居値に到達した時点で注入を停止する必要がなくなり、取鍋1の残溶鋼重量が最小限になった時点で注入停止すれば良い。勿論、従来どおり数居値到達時点で注入停止しても良い。本発明では、スラグ占有率の積算値=スラグ流出総重量が判るので、タンディッシュ3に流入したスラグに対して適正な精錬処理を施すことが可能になるのである。

【0065】精錬処理を実施できる場所は、タンディッシュ3内、鋳型4内、あるいはタンディッシュ3と鋳型4との間に配設した浸漬ノズル6'内に限られるが、従来からいろいろな品質向上策、すなわちスラグの除去あるいは無害化処理が開発されており、十分解決できる。しかし、これらの対策は、品質判定箇所と品質向上策実施箇所が離れているため、キャストに亘って一定条件で実施される場合がほとんどであり、効率的ではなかった。本発明では、ノズル6でスラグ流出総重量を判定できるため、タンディッシュ3以降の場所対策を効率的に実施できるのである。

【0066】品質改善対策としては、具体的には、①不活性ガスも含むガス吹き込み、②真空脱ガス処理、③生石灰やアルミなどの精錬フラックスの添加・投入 (ワイヤー添加も含む)、④機械式、電磁力などを含む溶鋼攪拌、⑤機械式、電磁制動式を含む溶鋼整流化、⑥鋳造引き抜き速度調整、⑦溶鋼加熱などが挙げられる。

【0067】例えば、低炭アルミキルドブリキ鋼の鋳造

(7)

特開平9-236461

において、スラグ流出総重量が平均的に50kg程度の場合には、鋳型内電磁攪拌およびタンディッシュ内溶鋼加熱を実施しており、特定のチャージにおいて、取鍋残溶鋼重量が平均値になるまで注入したため、スラグ流出総重量が100kgになってしまった場合に、鋳型内電磁攪拌の推力を2倍にしたり、あるいはタンディッシュ内に生石灰を10kg投入したりするのである。スラグ流出総重量が150kgになれば、生石灰を15kgにしたり、タンディッシュ内アルゴンガス底吹きを追加したりするのである。

【0068】反対に、スラグ流出総重量が50kgに減少した場合には、鋳型内電磁攪拌の推力を半分に、製造コストを低減できるのである。このように、本発明を用いてスラグ占有率の積算値を高精度に検出し、これを元に流出スラグの無害化あるいは除去処理の条件を決定する。但し、本発明は流出スラグの総重量しか判定できないので、他の品質悪化因子のための対策実施条件を左右するのは難しい。

【0069】スラグ流出総重量の正確な判定装置の具備すべき条件として、以下の3つが挙げられる。

【0070】① ノズルの周囲に、交流電流を印加する一次コイルと、一次コイル電流によって誘起される磁界の磁束を検知するための二次コイルを用いる。

【0071】② 一次および二次コイルのターン数ならびに一次コイルに印加する交流電流の関係が前述の(1)式を満足する。

【0072】③ 二次コイルの電気信号の位相の変化が検知可能である。

【0073】これら3つの条件を満足する装置によって、流出量判定以外にも流出開始点の早期検知による品質向上等を図ることができる。

【0074】さらに、④スラグ流出総重量の積算値を元に、スラグ無害化(除去を含む)精錬処理の条件を算定し、精錬処理装置に自動的に指令信号を入出力する計算機を構成要素に加えたスラグ流出量判定装置が好ましい。

【0075】また、図1は、連続鋳造方法の中でも、取鍋からタンディッシュへ溶鋼を注入する際に用いるノズルのスラグ流出量判定およびスラグ流出判定装置の例について示しているが、本発明はこのノズルに限るものではない。転炉型精錬装置から取鍋への出鋼ノズルや、タンディッシュから鋳型への注入時のスラグ検知にも実施可能であるし、これらと併用すると更に高い精度の品質管理に基づいた連続鋳造操作が可能になり、鋳片の品質を安定化できる。

【0076】

【実施例】一次コイル周波数は300Hz、ターン数は一次コイル、二次コイル共に50ターンとし、二次信号の処理には位相検波法を用いた。交流電流値Iを2(A)として $I \times N_1 \times N_2$ を5000とし、測定誤差

を20%以下にした。特にコイルの冷却装置は配設せず、安価な設備とした。このスラグ流出判定装置を設置して連続鋳造を行った。

【0077】300トン容量の取鍋を5つ交換しながら連続して鋳造する5連鋳造を行った。取鍋に残す残溶鋼重量は、基本的に溶鋼の歩留まりおよびコストから10トンに決定した。

【0078】ただし、品質を重視する鋼種の場合には、スラグ占有率の積算値5~50kgを算定し、その値に応じてタンディッシュ内の溶鋼中にスラグ改質用の金属アルミあるいは生石灰主体のフラックスの種類および量を10~100kgの範囲で変更して添加し、精錬した。

【0079】さらに、積算値に応じて、鋳型内において電磁力付与装置の印加・停止・電流値を決定したり、積算値が増えたチャージは鋳造速度を20%落とすなどした。

【0080】この時、スラグ占有率の積算値からのスラグ無害化処理の条件決定は、電気計算機に算定ロジックを組み込んで行い、鋳型内電磁力付与装置、精錬フラックス投入装置および鋳造引き抜き駆動ロールへの指令は、その計算機から自動的に電気信号で入出力した。

【0081】この結果、スラグ流出総重量の判定精度は±5%と高い精度に維持でき、得られた1500トン弱の鋳片は、鋳片段階での超音波および目視ならびに介在物分布検査などの品質検査の結果、全ての鋳片の外表面および内部の双方で、同一品質レベルと判定された。

【0082】

【発明の効果】本発明により、溶融金属の移し変え時に発生するスラグ流入に関して、チャージ毎のスラグ流出総重量の正確な検出および精度良いスラグ流入開始の判定が可能となる。従来、転炉出鋼後のスラグ改質やタンディッシュ内における精錬フラックス添加などの品質改善対策の実施基準は、過去の品質の実績値のうち最悪だった場合を基準として過度に設定している場合が多かったが、本発明により精錬容器間の移し変えに伴う特定のチャージのスラグ流出総重量が正確に判るようになるので、当該チャージのスラグ流出総重量に応じて、当該チャージのみの品質改善対策の実施基準を適正に設定できるようになる。これにより製造コストを低下させると共に、製品歩留まりを大幅に向上できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施態様を示す図である。

【図2】本発明における二次信号の処理パターンの例を模式的に示す図である。

【図3】二次コイル電圧のスラグ流入時の変位を模式的に示す図である。

【図4】 $I \times N_1 \times N_2$ の値と測定誤差との関係を示す図である。

【符号の説明】



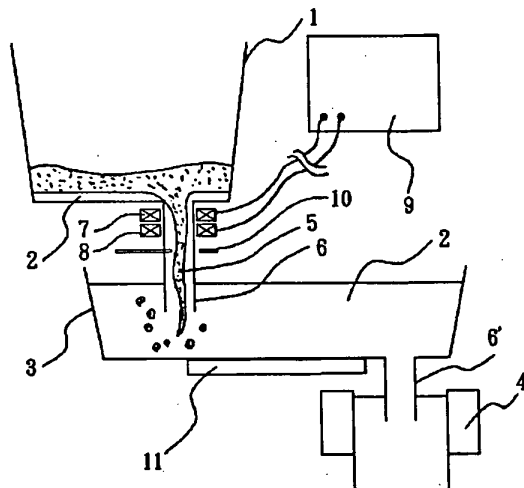
(8)

特開平9-236461

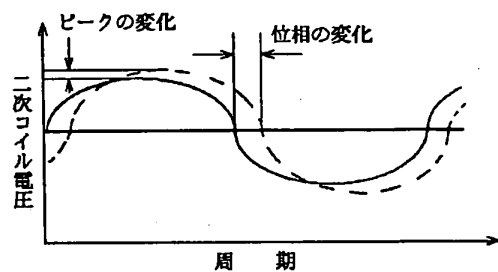
- 1 取鍋
- 2 溶鋼
- 3 タンディッシュ
- 4 水冷鋳型
- 5 熔融スラグ
- 6 ノズル

- 6' 浸漬ノズル
- 7 一次コイル
- 8 二次コイル
- 9 アンパ
- 10 スライディングノズル
- 11 ロードセル

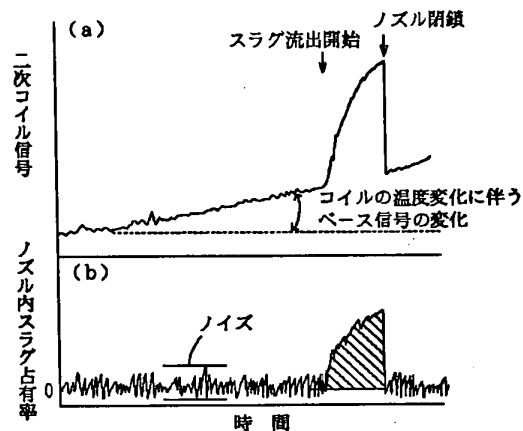
【図1】



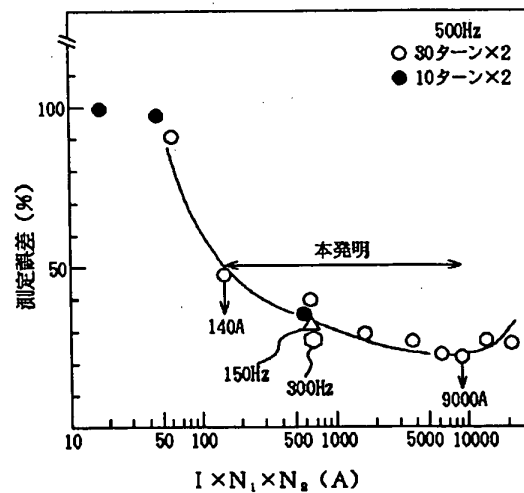
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 大門 正博  
 富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技  
 術開発本部内

(72)発明者 金子 克志  
 大分市大字西ノ洲1 新日本製鐵株式会社  
 大分製鐵所内